

Influencia de la cantidad de residuos sólidos derivados de actividades constructivas utilizados en la fabricación de ladrillos de concreto prensado, en la resistencia a la compresión de los mismos - Trujillo 2017

Influence of the amount of solid waste derived from constructive activities used in the manufacture of pressed concrete bricks, in the compression resistance thereof - Trujillo 2017

Carlos Tadashi Kanno Palmer¹

RESUMEN:

Esta investigación tiene como objetivo principal analizar la influencia de la cantidad de residuos sólidos derivados de construcción, reutilizados en la fabricación de ladrillos de concreto prensado y su resistencia a la compresión.

Para ello se elaboraron 15 tratamientos o combinaciones diferentes, las cuales variaron las cantidades de cemento y de residuos sólidos utilizados. De cada tratamiento se elaboraron 5 especímenes según la Norma Técnica Peruana 399.613.

Posteriormente se realizaron pruebas tales como: variación del peso perdido, variación dimensional, alabeo y finalmente el ensayo de resistencia a la compresión simple.

De los ensayos se pudo comprobar que los ladrillos elaborados son unidades sólidas y aptas para ser empleadas en la construcción de muros portantes. El tratamiento 14 reutiliza el 100% de su agregado y genera una resistencia a la compresión característica de 92.18 kg/cm², una variación dimensional menores al 3% y alabeo en convexidad menor a 0.5 mm. Siendo de esta manera clasificado como un ladrillo tipo III según la Norma E.070. Además, los tratamientos 3 y 13 son clasificados como ladrillos tipo IV y tipo II, respectivamente.

Palabras claves: Residuos sólidos, Ladrillos, Concreto prensado.

ABSTRACT:

This research has as main objective to analyze the influence of the amount of solid waste derived from construction reused in the manufacture of compressed concrete bricks and their resistance to compression.

To this end, 15 different treatments or combinations were elaborated, which varied the amounts of cement and solid waste used. From each treatment 5 specimens were prepared according to Peruvian Technical Standard 399.613.

Subsequently tests were performed such as: variation of the lost weight, dimensional variation, warpage and finally the test of resistance to simple compression.

From the tests it was verified that the processed bricks are solid units and suitable for use in the construction of load-bearing walls. The treatment 14 reuses 100% of its aggregate and generates a characteristic compressive strength of 92.18 kg/cm², a dimensional variation of less than 3% and warping in convexity of less than 0.5 mm. Being thus classified as a brick type III according to the norm E.070. Furthermore, treatments 3 and 13 are classified as type IV and type II bricks, respectively.

Key words: Solid waste, Bricks, Pressed concrete.

¹ Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Civil.
E-mail: tadashin3_6@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN:

En el Perú diariamente se disponen diariamente más de 3000 toneladas de basura repartida entre los 20 botaderos más críticos del país. (OEFA, 2014).

El más crítico se ubica cerca de la ciudad de Trujillo, en La Libertad. Se trata del botadero de basura El Milagro, a donde se lleva sin mayor tratamiento ni control unas 720 toneladas de residuos cada día, los cuales provienen de diferentes distritos. (OEFA, 2014).

El SEGAT recolecta un promedio de 420 m³ diarios de residuos de construcción (aproximadamente 280 – 300 toneladas), lo cual implica a un costo para el gobierno local que lo viene asumiendo, aún sin estar incluido en el pago de los arbitrios municipales. (SEGAT, 2013)

Una de las maneras de recuperar la funcionalidad del botadero El Milagro y mejorar la calidad de vida de los pobladores a sus alrededores es implementar una cultura ambiental en los pobladores de la ciudad. Fomentando la reutilización de los residuos sólidos, reduciendo el uso de productos no reciclables; que consecuentemente implicaría la reducción de costos tanto municipales como de los mismos pobladores.

1.1. Formulación del problema

¿Cómo influye la cantidad de residuos sólidos derivados de actividades constructivas utilizados en la fabricación de ladrillos de concreto prensado, en la resistencia a la compresión de los mismos-Trujillo 2017?

1.2. Hipótesis

A mayor cantidad de residuos sólidos derivados de actividades constructivas utilizados en la fabricación de ladrillos de concreto prensado, menor será la resistencia a la compresión de los mismos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la cantidad de residuos sólidos derivados de actividades constructivas utilizados en la fabricación de ladrillos de concreto prensado, en la resistencia a la compresión de los mismos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido óptimo de humedad para cada tratamiento, el cual nos permita obtener la densidad máxima de compactación para cada caso.
- Elaborar ladrillos de concreto prensado con la dosificación indicada para cada tratamiento (curado y apilado).
- Comparar la variación de la resistencia a la compresión según se incrementa la cantidad de residuos sólidos utilizados.

2. MARCO METODOLÓGICO:

Se utilizó el diseño experimental en la investigación. Cuya variable independiente es “Cantidad de residuos sólidos derivados de actividades constructivas” y la variable dependiente es “Resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto prensado”.

2.1. Muestra

Según la norma E 070 Albañilería (2006) por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionarán al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. No obstante, si solo se desean hacer ensayos de resistencia a la compresión se deberán ensayar como mínimo 5 especímenes.

La segunda parte, referida a la variable dependiente y el estado de los ladrillos fabricados; se tomaron

datos como dimensiones del ladrillo, pesos, carga última, etc.

2.3. Método de análisis de datos

Para analizar los datos cuantitativos, se codificaron las respuestas de la ficha técnica. Se procesaron los datos los y reordenaron en tablas unidimensionales y bidimensionales con información absoluta y porcentual. Posteriormente se procedió a la interpretación y discusión de los resultados obtenidos.

3. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL:

3.1. Materiales

Los materiales utilizados han sido clasificados bajo especificaciones técnicas muy estrictas con la finalidad de eliminar variables extrañas al proyecto, en el caso de los materiales comerciales se tomaron en cuenta las fichas proporcionadas por el productor. Entre los materiales utilizados en la elaboración del trabajo tenemos:

- Suelo control: El suelo adecuado para fabricar ladrillo prensados de concreto es aquel que nos genere una elevada resistencia a la compresión; y que durante el secado no tenga mucha contracción para así poder pasar los ensayos de variación dimensional. Este debe estar compuesto por arenas, limos y arcillas; siendo estos últimos los cuales dan cohesión y completan la curva granulométrica. Los limos y arcillas son suelos que pasan la malla N° 200 de los tamices (Según Norma ASTM E – 11/95), es decir de 0.075 mm de diámetro. Las arenas son suelos que pasan la malla N° 4 y quedan retenidos por el tamiz N° 200.

Residuos sólidos derivados de actividades constructivas: Son todos los residuos provenientes de actividades asociadas a la construcción como rehabilitaciones urbanas, demoliciones, mantenimiento,

restauración, construcción; así como de la preparación de materiales y maquinaria para estas actividades. Entre estos, los ladrillos y el concreto son residuos no reciclables. Debido a que estos han pasado procesos químicos (cocción, fraguado) que han estabilizado sus estructuras produciendo que no reaccionen más químicamente.

Por lo tanto, son estos mismos residuos sólidos (ladrillo y concreto) los seleccionados para el proyecto. Estos han tenido que ser preparados con el fin de tener consistencia similar al suelo areno-arcilloso (control).

Es decir; estos residuos fueron pulverizados, tamizados mecánicamente y mezclados proporcionales. De manera que el 75% de partículas pasen el tamiz N° 4 y queden retenido en el tamiz N° 200, además que el 25% pasen la malla N° 200.

- Cemento: Tiene la función de ser el aglomerante de la mezcla, es decir el medio estabilizante. El agregar cemento a una mezcla de suelo y agua, incrementa su resistencia al agua, así como su resistencia a la compresión. Se utilizó el cemento portland tipo I de la marca SOL, proporcionado por la empresa UNACEM. Este cemento debe cumplir con NTP 334.009 y la ASTM C-150.

- Agua: El agua cumple una doble función en la mezcla. La primera como agente para hidratar y hacer reaccionar el cemento, y la segunda humedeciendo el suelo para llegar a la densidad máxima de compactación del suelo.

Es necesario respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen resultado de resistencia y trabajabilidad. El agua a utilizar debe ser libre de impurezas, sales o sulfatos. Para mayor calidad del agua, se utilizó agua desmineralizada industrial.

3.2. Procedimientos

El cronograma de trabajo para este proyecto está

dividido en tres fases consecutivas con la finalidad de lograr las dosificaciones óptimas para cada tipo de ladrillo. La primera fase consiste en determinar la humedad óptima y densidad máxima de compactación, la fase intermedia es donde se realizarán los ladrillos en los diversos tratamientos elaborados; y finalmente la última fase termina con los ensayos clasificatorios o no clasificatorios realizados en el laboratorio de materiales, comparándolos con los parámetros de clasificación según la norma E.070 del RNE.

Tabla 1: Clasificación para ladrillos con fines estructurales

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (%)			ALABEO (mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN MPa (kg/cm ²)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	6	2.0 (20)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

4.1. Fase 1: Determinación de la humedad óptima y densidad máxima de compactación

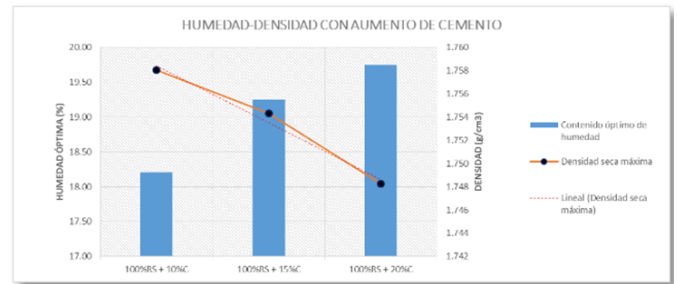
Se realizaron 15 ensayos de relación humedad-densidad (MTC E 1102-1999) de donde se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 2: Resumen humedad/densidad

TRATAMIENTOS	% DE SUELO CONTROL	% DE RESIDUOS SÓLIDOS	% DE CEMENTO	% ÓPTIMO DE HUMEDAD	DENSIDAD SECA MÁXIMA
1	100%	0%	10%	16.17	1.750
2	100%	0%	15%	17.25	1.744
3	100%	0%	20%	17.81	1.741
4	75%	25%	10%	16.67	1.751
5	75%	25%	15%	17.77	1.747
6	75%	25%	20%	18.31	1.742
7	50%	50%	10%	17.19	1.754
8	50%	50%	15%	18.30	1.750
9	50%	50%	20%	18.82	1.744
10	25%	75%	10%	17.71	1.756
11	25%	75%	15%	18.79	1.753
12	25%	75%	20%	19.23	1.746
13	0%	100%	10%	18.20	1.758
14	0%	100%	15%	19.25	1.754
15	0%	100%	20%	19.74	1.748

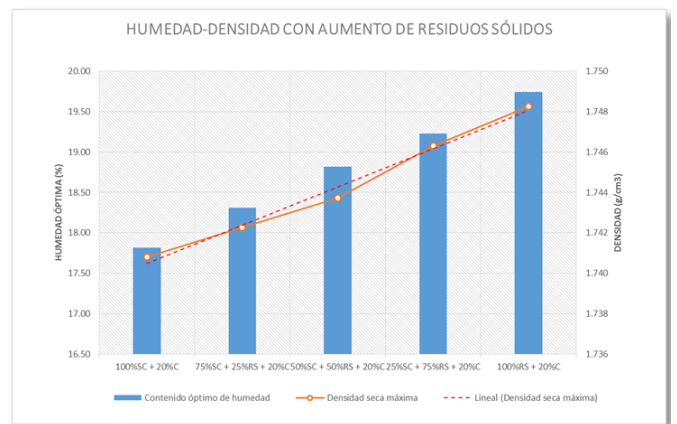
Como podemos observar en la figura 1, a medida que se incrementa la cantidad de aglomerante (cemento), el contenido óptimo de humedad aumenta y disminuye la máxima densidad seca.

Figura 1: Relación humedad-densidad con cemento variable



Del mismo modo como se observa en la figura 2, a medida que se incrementa la cantidad de residuos sólidos derivados de actividades constructivas en la mezcla aumenta la cantidad de agua requerida y la densidad máxima seca.

Figura 2: Relación humedad-densidad con residuos sólidos variables



4.2. Fase 2: Elaboración de los ladrillos de concreto prensado

Durante esta fase se anotó la variación de los pesos de los ladrillos debido a la pérdida de humedad. La siguiente tabla resume estas medidas:

Tabla 3: Resumen de la variación del peso de los ladrillos conforme avanza el tiempo de curado (%)

TRATAMIENTO	DÍA 1	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 28
100%SC + 10%C	0.05	0.50	0.70	0.88
100%SC + 15%C	0.27	0.50	0.76	0.98
100%SC + 20%C	0.52	0.55	0.73	1.03
75%SC + 25%RS + 10%C	0.03	0.42	0.73	0.94
75%SC + 25%RS + 15%C	0.24	0.51	0.74	0.99
75%SC + 25%RS + 20%C	0.46	0.51	0.73	1.00
50%SC + 50%RS + 10%C	0.04	0.55	0.64	0.93
50%SC + 50%RS + 15%C	0.22	0.54	0.72	1.10
50%SC + 50%RS + 20%C	0.47	0.53	0.80	1.05
25%SC + 75%RS + 10%C	0.08	0.47	0.64	0.93
25%SC + 75%RS + 15%C	0.26	0.53	0.80	1.05
25%SC + 75%RS + 20%C	0.49	0.55	0.80	1.12
100%RS + 10%C	0.02	0.54	0.72	1.00
100%RS + 15%C	0.25	0.57	0.79	1.15
100%RS + 20%C	0.51	0.59	0.79	1.07

Como se puede observar analizando los resultados obtenidos las pérdidas de peso sufridas no guardan relación con el porcentaje de cemento ni de residuos sólidos empleados. Hasta los 28 días todos los especímenes pierden aproximadamente 1% de peso.

4.3. Fase 3: Ensayos de laboratorio

En esta fase se analizaron tres características de los ladrillos. La variación dimensional, el alabeo y la resistencia a la compresión.

4.3.1. Variación dimensional

La tabla 4 muestra los resultados de las mediciones realizados con el vernier en milímetros a los 28 días de edad de curado:

Tabla 4: Resultados de la variación dimensional Tratamiento 1

TRATAMIENTO	LADRILLO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)
1	1	324	159	116
	2	326	158	115
	3	325	157	118
	4	327	158	117
	5	328	160	119
100%SC + 10%C	MP	326.00	158.40	117.00
	ME	323	157	115
	V (%)	0.93	0.89	1.74

Analizando los resultados podemos observar que la variación dimensional actúa inversamente proporcional a la cantidad de cemento. Además, varía directamente proporcional a la cantidad de residuos sólidos reutilizados.

4.3.2. Alabeo

La siguiente tabla fue elaborada utilizando los datos obtenidos de las fichas técnicas para ensayos de alabeo a los 28 días de edad de curado

Tabla 5: Resultados de lo prueba de alabeo

TRATAMIENTO	LADRILLO	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
		CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
1	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0.5	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	1	0	0.5
	PROMEDIO	0	0.5	0	0.1
2	1	0	0	0	0
	2	0	1	0	0.5
	3	0	0	0	0.5
	4	0	0	0	0
	5	0	1	0	1
	PROMEDIO	0	0.4	0	0.4
3	1	0	0	0	0
	2	0	1	0	1
	3	0	0.5	0	1
	4	0	0	0	0
	5	0	1	0	0.5
	PROMEDIO	0	0.5	0	0.5
4	1	0	0.5	0	0
	2	0	0.5	0	1
	3	0	0.5	0	0.5
	4	0	0	0	0
	5	0	1	0	0.5
	PROMEDIO	0	0.5	0	0.4
5	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0.5	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	1	0	0.5
	PROMEDIO	0	0.5	0	0.1
6	1	0	0	0	1
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	1	0	0.5
	PROMEDIO	0	0.2	0	0.3

7	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0.5
	3	0	1	0	1
	4	0	0	0	0
	5	0	1	0	0.5
PROMEDIO		0	0.4	0	0.4

Analizando los resultados del ensayo de alabeo y debido a que estos son menores a los especificados por la norma E.070 (Tabla 1); entonces todas las unidades clasifican por alabeo como tipo V.

4.3.3. Resistencia a la compresión

La tabla 6 muestra el resultado de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de curado.

Tabla 6: Resumen de los resultados de ensayos de resistencia a la compresión.

TRATAMIENTO	DOSIFICACIÓN	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (f'b)
1	100%SC + 10%C	109.45
2	100%SC + 15%C	120.31
3	100%SC + 20%C	130.05
4	75%SC + 25%RS + 10%C	103.67
5	75%SC + 25%RS + 15%C	113.39
6	75%SC + 25%RS + 20%C	122.92
7	50%SC + 50%RS + 10%C	98.21
8	50%SC + 50%RS + 15%C	106.49
9	50%SC + 50%RS + 20%C	116.08
10	25%SC + 75%RS + 10%C	92.82
11	25%SC + 75%RS + 15%C	99.31
12	25%SC + 75%RS + 20%C	108.83
13	100%RS + 10%C	87.48
14	100%RS + 15%C	92.18
15	100%RS + 20%C	101.41

Como era de esperar las combinaciones realizadas con mayor cantidad de aglomerante (cemento) alcanzan mayor resistencia; es decir varían directamente proporcional a la cantidad de cemento.

Además, la resistencia a la compresión disminuye cuando se incrementa la cantidad de residuos sólidos utilizados. Debido a que estos residuos sólidos no presentan cohesión entre sus partículas y esto genera que la estructura del ladrillo tienda a disgregarse.

5. CONCLUSIONES:

- Se requiere mayor cantidad de agua cuando se incrementa la cantidad de cemento en la mezcla y cuando se incrementa el porcentaje de residuos sólidos reutilizados. Es decir, varía directamente proporcional a la cantidad de cemento y residuos sólidos utilizados.

Además, la densidad máxima seca de la mezcla disminuye conforme la cantidad de cemento se incrementa y aumenta conforme la cantidad de residuos sólidos aumenta también. Es decir, varía inversamente proporcional a la cantidad de cemento utilizado y directamente proporcional a la cantidad de residuos sólidos utilizados.

- Se elaboraron 75 unidades de albañilería en total, 5 de cada tratamiento (15). Para su elaboración se dosificaron los materiales al peso utilizando balanzas de precisión. El curado de las unidades es muy necesario para garantizar la calidad de estos, evitar pérdidas violentas de humedad y generar ladrillos quebradizos.

Durante el tiempo de curado se tomó nota de la variación de peso, que aunque no guardarán mucha relación, su tendencia garantiza la confiabilidad y la eficacia del curado. Pues la pérdida de peso fue constante y proporcional. Es importante recalcar que durante la primera semana de curado los ladrillos con mayor presencia de aglomerante perdieron más peso, pero luego tomaron todos la misma tendencia.

- La estabilización de unidades de albañilería con concreto aseguran la permanencia de sus dimensiones y formas, así mismo el control de la calidad y cantidad de finos (limos y arcillas) del suelo también contribuyen a esta acción. Por esta razón la clasificación por variación dimensional y alabeo no son determinantes pues siempre arrojan una clasificación superior.

Como era de esperar la resistencia a la compresión varía directamente proporcional a la cantidad de cemento utilizado e inversamente proporcional a la cantidad de residuos sólidos utilizados. Los siguientes 4 tratamientos marcan hitos importantes de clasificación:

Tabla 7: Tratamientos límites

TRATAMIENTO	DOSIFICACIÓN	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (f'b)	CLASIFICACIÓN
3	100%SC + 20%C	130.05	Tipo IV
10	25%SC + 75%RS + 10%C	92.82	Tipo III
13	100%RS + 10%C	87.48	Tipo II
14	100%RS + 15%C	92.18	Tipo III

6. AGRADECIMIENTOS:

A mi querida Universidad César Vallejo que me tuvo en sus aulas estos X ciclos de estudio, y día a día sembró los conocimientos para desenvolvernos en el campo laboral.

A mis queridos profesores y amigos Ing. Carlos Javier Ramírez Muñoz e Ing. Victoria de los Ángeles Agustín Díaz por su enseñanza, consejos, amistad y apoyo durante los años de estudios y la elaboración de la tesis.

A todas las personas que de alguno u otra manera colaboraron en mi formación humana y profesional.

7. BIBLIOGRAFÍA:

- [1] AVENDAÑO, Edgar. Ladrillo prensado ecológico. Home page. 21 septiembre 2016. <http://www.inapiprojecta.cl/605/w3-article-3869.html>
- [2] CABO, María. Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. Tesis para optar por el título de ingeniero agrónomo en la Universidad Pública de Navarra, Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Navarra, España. 2011. 121 P.
- [3] COMITÉ técnico de normalización de unidades de albañilería. NTP 399.613:2005 Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima. Perú : INDECOPI, 2005. 39 p.
- [4] GATANI, Mariana. Ladrillos de suelo-cemento: mampuesto tradicional en base a un material sostenible. Informes de la construcción. Argentina, 51 (466): 35-47. marzo/abril 2000.
- [5] GUZMÁN, Fernando. Ladrillo ecológico basado en residuos de construcciones. gaceta UNAM. México, (4750): 12-13. enero 2016. ISSN 0188-5138.
- [6] LOU Ma, Roberto. Manual para la construcción de la CETA-RAM. 1ª ED. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 1981. 52 P.
- [7] ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial: Informe 2013 – 2014. Lima. Perú. 2014. 100 p.
- [8] SERVICIO DE GESTIÓN AMBIENTAL DE TRUJILLO. Memoria 2013. Trujillo. Perú. 2013. 52 p.